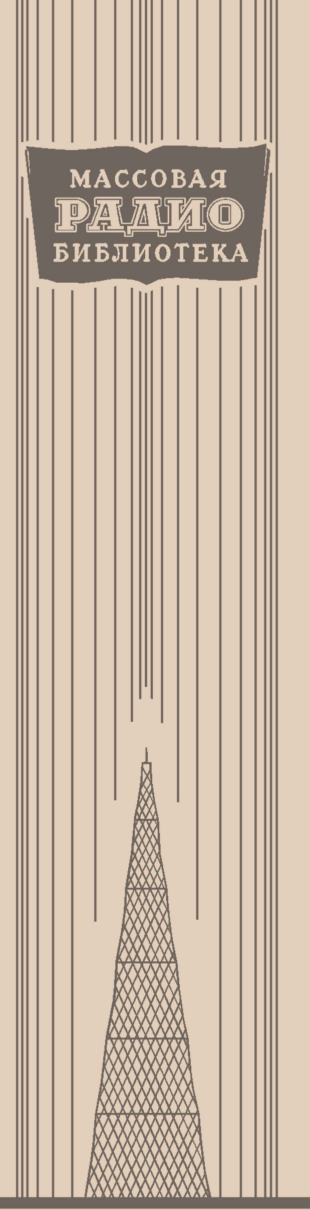
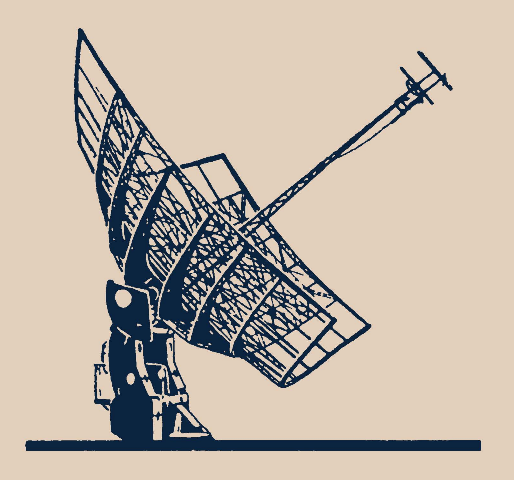


А. И. БЕРГ

СОВРЕМЕННАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

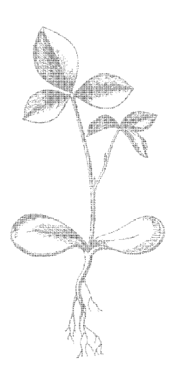
1955

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 220

Академик А. И. БЕРГ

СОВРЕМЕННАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1955 ЛЕНИНГРАД

В брошюре изложены современное состояние и перспективы развития основных областей радиоэлектроники — области науки, привлекающей к себе в настоящее время все возрастающее внимание благодаря ее большим и зачастую неожиданным возможностям.

Рассчитана брошюра на разнообразный круг читателей, интересующихся вопросами радиотехники и электроники, начиная от квалифицированных радиолюбителей и кончая специалистами.

СОДЕРЖАНИЕ

Автор *Берг Аксель Иванович*
СОВРЕМЕННАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА
И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Редактор *В. И. Шамшур* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в пр-во 19/III 1955 г. Подписано к печати 30/IV 1955 г.
Бумага $84 \times 108^{1}/_{32}$ 2,46 п. л. Уч.-изд. л. 2,7
Т-03363 Тираж 15 000 (1-й завод 5 000) Цена 1 р. 10 к. Зак. 130

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10

ОТ АВТОРА

Предлагаемая вниманию читателей Массовой радиобиблиотеки брошюра «Современная радиоэлектроника и перспективы ее развития» составлена в основном на базе речи автора на годичном собрании Академии наук СССР 2 февраля 1955 г. Этим объясняются и стиль изложения и содержание материала, рассчитанного по преимуществу на неспециалистов в области радиоэлектроники.

При подборе материалов, их систематизации и редактировании автору помогали многочисленные его друзья и товарищи по работе из Академии наук СССР и многих исследовательских организаций. Автор приносит всем им свою глубокую благодарность.

А. Берг

ВВЕДЕНИЕ

Наше время иногда называют веком атомной энергии. Мне кажется, что не менее правильно называть его и веком радиоэлектроники: использование атомной энергии стало возможным в значительной мере благодаря применению радиоэлектронных методов в физике; кроме того, повсеместное применение радиоэлектронных методов оправдывает такое утверждение.

Если можно с этим спорить, то только с целью уточнения терминологии, так как переживаемый нами период можно скорее назвать началом эпохи радиоэлектроники. Именно началом, так как огромные возможности этой всеобъемлющей и чрезвычайно быстро развивающейся науки и ее большие достижения пока что используются недостаточно.

Весной 1955 г. исполняется 60 лет со дня изобретения радиотелеграфа Александром Степановичем Поповым. Весь этот длительный срок можно разбить на три этапа:

30-летний период (1895—1925 гг.), в течение которого в основном кустарными, непроизводственными методами по весьма извилистым путям шло развитие радиотелеграфирования. Это был радиотелеграфный период. Конечно, не следует понимать буквально, что в этот период в других областях радио ничего не делалось. В течение этого периода были разработаны некоторые научные основы радиотехники, способствовавшие ее дальнейшему развитию, но главным направлением работ было совершенствование радиотелеграфии.

Второй период, 20-летний (1925—1945 гг.), можно назвать радиотехническим периодом. В течение этого времени радиотелеграфирование продолжало развиваться, но одновременно получило широкое применение радиотелефонирование и очень сильно развивалось радиовещание; были освоены передача изображений на расстояние и телевидение; нашла себе широкое применение радионавигация; зародилась и достигла довольно широкого развития радиолокация.

Переход от радиотелеграфирования к другим областям применения электромагнитных волн произошел главным образом благодаря достижениям электровакуумной техники и открывшимся в связи с этим возможностям освоения новых диапазонов радиоволн — коротких, метровых, дециметровых, сантиметровых и миллиметровых.

За эти 20 лет радиотехника оформилась как самостоятельная инженерная наука. Была организована радиопромышленность, разработаны инженерные методы расчета радиотехнических приборов, создана радиотехническая электроника и проведены широкие научно-исследовательские, теоретические и экспериментальные работы, которые подвели солидный фундамент под все отрасли радиотехники.

Последний, десятилетний (1945—1955 гг.), период уже нельзя назвать просто радиотехническим. Его следует скорее назвать, как я уже сказал, началом эпохи радиоэлектроники, так как именно в эти годы началось широчайшее внедрение радиоэлектронных методов во все отрасли науки, техники и народного хозяйства.

Для нашего времени характерны высокие темпы. Они всегда были характерны для радиотехники, а сейчас они особенно характерны для радиоэлектроники, имеющей дело с чрезвычайно быстротечными процессами. Электромагнитные волны распространяются с предельной скоростью — со скоростью света (300 000 *км/сек*). Электромагнитные колебания являются периодическим процессом, происходящим с чрезвычайно высокими частотами. Эти частоты в тысячи, миллионы и миллиарды раз выше привычной для нас частоты переменного тока (50 *гц*). Скорости движения электронов, с которыми приходится иметь дело в электронных приборах, чрезвычайно велики и измеряются величинами, близкими к скорости света.

Особенно характерно то, что необычно быстрыми темпами происходят изменения в условиях и режиме работы всех радиоэлектронных устройств. Поэтому огромное, можно сказать решающее, значение в радиоэлектронике имеют устанавливающиеся или, вообще говоря, нестационарные процессы, весьма быстро развивающиеся в пространстве и времени.

О значении радиоэлектроники и масштабах ее развития можно судить хотя бы по тому, что радиоэлектронная промышленность, например в Соединенных Штатах Америки, занимает третье место, уступая только сталелитейной и авиационной промышленности. При кризисных явлениях

в большинстве отраслей промышленности на Западе радиоэлектронная промышленность является одним из редких исключений: находясь на чрезвычайно высоком уровне, она в то же время продолжает развиваться.

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Быстрое развитие социалистической промышленности и всего народного хозяйства ставит перед советской наукой и техникой все новые и более сложные, обширные и разнообразные практические задачи.

Объем и сложность этих задач в большинстве случаев настолько велики, что решение их наиболее экономичным и эффективным образом на основе только эмпирических фактов и установившихся теорий становится невозможным. Необходима широкая разработка принципиальных теоретических вопросов, раскрывающих перспективы развития техники. Это положение, справедливое для всех отраслей науки, имеет особенно большое значение для такой быстро развивающейся отрасли ее, как радиоэлектроника, и поэтому теоретические исследования имеют огромную важность для дальнейшего прогресса радиоэлектроники.

Важнейшими проблемами, над которыми в настоящее время следует работать, являются исследования в следующих областях: распространение радиоволн, теория антенно-фидерных устройств, теория связи (так называемая теория информации) и высокочастотная электровакуумная электроника.

Изучение законов распространения радиоволн всех диапазонов для повышения дальности действия, надежности и качества работы всех видов радиосвязи, радиовещания, радионавигации продолжает оставаться важнейшей задачей теоретической радиоэлектроники; с этим связана теоретическая и экспериментальная работа по изучению закономерностей и физических процессов, происходящих в земной атмосфере, ионосфере и тропосфере.

В области теории антенно-фидерных устройств и связанных с ней вопросов электродинамики в послевоенные годы в Советском Союзе был опубликован ряд работ большого принципиального значения.

Основное внимание в области теории антенно-фидерных устройств в настоящее время привлекают следующие проблемы: диффракция электромагнитных волн на металлических замкнутых поверхностях сложной формы; разработка теории широкополосных антенных систем, включая толстые

вибраторы различной формы, широкие щели и т. д.; создание строгой электродинамической теории излучения из рупоров и зеркал конечных размеров; разработка принципа построения новых типов канализирующих систем для микрорадиоволн; развитие теории периодических структур.

За последние годы достигнуты серьезные успехи в разработке вопросов общей теории связи. Вся проблематика этой теории сводится к двум основным темам: проблеме эффективности и проблеме надежности. Первая проблема состоит в том, чтобы передать наибольшее количество сообщений наиболее экономичным способом, т. е. затратить наименьшую мощность, наименьшее время и наименьшую полосу частот. Вторая проблема — проблема надежности — состоит в обеспечении высокой достоверности при приеме сообщений, т. е. наименьшем искажении сообщения помехами.

Требования высокой эффективности и высокой надежности противоречивы, и задача состоит в отыскании компромисса, приемлемого для каждого конкретного случая.

Трудности задач, возникающие перед общей теорией связи, растут с каждым днем. Это вызывается тем, что требуется передавать сообщения на все бóльшие расстояния в условиях сильных естественных и искусственных помех, со все большей скоростью, со все большей надежностью и по возможности при жестком ограничении мощности.

За последние годы общая теория связи получила широкое обобщение в так называемой «теории информации». Эта теория не только обобщает и поднимает на более высокую ступень наши знания, но указывает также новые пути решения труднейших задач. Так, существенно новые возможности открываются в связи с широким использованием статистических свойств шумов и помех.

Значительное внимание уделяется работе в области обнаружения и выделения слабых сигналов в присутствии шумов.

На протяжении примерно 30 лет электровакуумные приборы (электронные лампы) являются наиболее важной составной частью радиопередатчиков и радиоприемников.

За истекшие годы проведены обширные теоретические исследования, позволившие разрабатывать все новые и новые типы электронных ламп.

Однако еще далеко не исчерпаны проблемы, связанные с движением электронов в постоянных и переменных электрических и магнитных полях в полых телах сложной формы

и с взаимодействием групп электронов с этими полями. Особое значение эти процессы приобретают в диапазоне сверхвысоких частот.

В связи с ценными свойствами для радиоэлектроники полупроводниковых приборов и все расширяющимся объемом их практического применения настоятельно необходимо продолжить широким фронтом уже давно и с успехом ведущиеся у нас теоретические работы по изучению электрических свойств твердого, в частности кристаллического, тела.

Следует отметить, что радиоэлектроника, базирующаяся на прочных теоретических основах, является также в значительной мере экспериментальной наукой. Связь между теорией и практикой неразрывна.

Хорошим примером такой связи могут служить глубокая разработка в нашей стране теории нелинейных колебаний школой академиков Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси и их замечательные теоретические работы по фазовым и радиоинтерференционным методам измерения расстояний, нашедшие широкое практическое применение как в СССР, так и за границей.

Все сказанное обязывает нас значительно расширить объем и повысить качество выполняемых нашими учеными теоретических работ в области радиосвязи, радиотехники и электроники.

РАДИОЛОКАЦИЯ

Радиолокация, или определение местоположения различных объектов в воздухе, на воде и на суше при помощи радиоволн, зародилась давно, но достигла зрелости незадолго до минувшей войны. Она получила весьма широкое распространение на всех театрах войны и продолжает быстро развиваться и в настоящее время.

В радиолокации наибольшее распространение получил метод радиоэхо. Расстояние до объекта измеряется по времени, затрачиваемому на прохождение короткого импульса радиоволн до облучаемого объекта и обратно. Это время, а следовательно, и расстояние измеряются весьма точно. Угловые координаты получаются измерением (с точностью 1—2°) тех двух углов в вертикальной и горизонтальной плоскостях, под которыми отраженные от объектов волны возвращаются к приемной антенне.

Ценным свойством радиолокации является возможность работать в любое время суток, при любых условиях види-

мости и любой погоде. Пределом дальности действия является обычно дальность прямой видимости, достигающая при высоколетящих целях нескольких сотен километров.

Для получения остронаправленных пучков радиоволн необходимо пользоваться антеннами, имеющими по сравнению с применяемой длиной волны значительную пространственную протяженность. Так как очень громоздкие антенны нежелательны, приходится применять самые короткие радиоволны — дециметровые и сантиметровые.

Таким образом, радиолокация стимулировала развитие импульсной техники, освоение самых коротких радиоволн и антенных устройств остронаправленного действия.

Радиолокация сама по себе принесла большую пользу в военном деле, но во много раз ценнее те технические возможности, которые открылись благодаря применению радиолокационных методов в астрономии, геодезии, спектроскопии, навигации, метеорологии, в схемах электронных математических машин и пр. Во всех этих областях применяются те или иные элементы, характерные для радиолокации.

РАДИОСПЕКТРОСКОПИЯ

В послевоенное время на базе новых технических возможностей, полученных в связи с развитием радиолокации, зародилась и получила быстрое развитие новая область физики, вернее радиофизики — радиоспектроскопия. В ней применяется радиотехнический метод (резонансное поглощение радиоволн) для исследования вещества, находящегося в газообразном, жидком или твердом состоянии. Основной особенностью радиоспектроскопии, отличающей ее от оптической спектроскопии, является то, что в ней применяются электронные источники монохроматических колебаний (в частности, клистроны), дающие возможность обеспечить высокую разрешающую силу без применения спектральных приборов (призм, диффракционных решеток и т. п.) и допускающие перестройку в довольно широких пределах.

В настоящее время набор электронных генераторов обеспечивает проведение исследований в спектре самых коротких радиоволн: от долей миллиметра до десятков метров, т. е. в диапазоне частот, лежащем в пределах примерно десяти октав, в то время как в оптической спектроскопии применяется гораздо более узкий спектр.

Радиоспектроскопические методы исследования нашли себе применение главным образом в физике, химии, астроно-

мии и электронике. Радиоспектроскопия тесно связана с теоретической физикой и электродинамикой и опирается на аппарат теории групп и квантовую механику.

Основными достижениями этой молодой науки в настоящее время являются следующие:

1. Впервые в истории астрономии обнаружен дискретный спектр радиоизлучения межзвездного пространства, а именно излучение межзвездного водорода на длине волны около 21 *см*. Это излучение связано с переходом между уровнями сверхтонкой структуры атомного водорода, находящегося в бóльших или меньших количествах в различных областях мирового пространства.

2. Обнаружение сдвига *s*-уровня атомного водорода, а также открытие аномального магнитного момента электрона послужили мощным толчком для развития квантовой электродинамики. Для объяснения этих эффектов в теорию пришлось ввести учет действия нулевых колебаний вакуумного поля на элементарные частицы.

3. В Казанском филиале Академии наук СССР в 1944 г. Е. К. Завойским был открыт и исследован электронный парамагнитный резонанс, что дало возможность создать новый мощный метод изучения свойств твердых тел и жидкостей.

4. Были измерены моменты большого количества ядер, в том числе короткоживущих радиоактивных ядер; эти данные чрезвычайно важны для теории ядра.

5. Была изучена структура большого количества молекул, что способствовало дальнейшей разработке теории химических связей и изучению природы последних.

6. Радиоспектроскопические методы начинают применяться для качественного и количественного химического анализа смесей газов; отличительной чертой этих методов являются быстрота проведения анализа, возможность осуществления непрерывного контроля процессов и работа с очень малым количеством вещества, необходимым для производства анализа (микрограммы).

7. Радиоспектроскопия позволяет обеспечить высокую степень стабилизации частоты генераторов сверхвысоких частот при помощи узких спектральных линий поглощения молекул; на этом принципе изготовляются первичные эталоны частоты (времени), так называемые молекулярные часы.

Представляют большой интерес работы одного из институтов Академии наук СССР в области радоспектроскопии, в частности работы по созданию новых видов генераторов

и усилителей с малым коэффициентом шума при помощи молекулярных пучков, так называемых молекулярных генераторов и усилителей, что позволит в дальнейшем создать предельно точные эталоны частоты.

Исследования в области радиоспектроскопии получили очень большой размах за границей; за истекшие 10 лет опубликовано уже много научных работ в этой области.

Успехи радиоспектроскопии привели к развитию методов генерирования и умножения частоты в области наиболее коротких радиоволн и, таким образом, способствовали быстрому развитию этой новой области радиоэлектроники. Радиоспектроскопические исследования уже ведутся на волнах длиной в доли миллиметра.

Благодаря огромной пространственной разрешающей способности узконаправленных пучков самых коротких радиоволн открывается возможность подхода к решению проблемы прямого видения при помощи радиоволн.

РАДИОАСТРОНОМИЯ

Астрономия — одна из самых древних наук. На протяжении тысячелетий астрономы наблюдают видимый свет, излучаемый небесными телами.

При наблюдении за звездами злейшим врагом астрономов является атмосфера, окружающая земной шар. Солнечный свет, рассеиваемый в атмосфере, препятствует наблюдению других светил в дневное время. Воздушные потоки, вызывающие, например, мерцание звезд, ухудшают качество изображения, наблюдаемого в астрономических приборах. Облачность и осадки могут полностью сорвать наблюдения, поэтому для постройки обсерваторий выбирают такие места, где атмосфера более прозрачна и имеется наибольшее количество спокойных и ясных ночей.

Атмосфера поглощает бóльшую часть падающей на нее электромагнитной энергии. Поглощаются первичные космические лучи, лучи Рентгена и в значительной мере короткие ультрафиолетовые лучи, словом почти все электромагнитные волны, более короткие, чем волны фиолетового цвета. Поглощаются также почти все инфракрасные лучи, кроме самых близких к красной части видимого спектра.

В распоряжении астрономов остается только узкая щель — небольшое смотровое «окно» во вселенную, лежащее в пределах частот одной-двух октав вблизи спектра видимого человеком света.

Подавляющая часть весьма ценных сведений о физическом состоянии, химическом составе и координатах небесных тел получена астрономами в лучах видимого света или близких к нему.

Оснащенная тончайшими приборами оптическая астрономия развивалась и совершенствовала методы своих наблюдений вплоть до минувшей войны; казалось, что никаких серьезных изменений в разработанных приемах и методах работы ожидать не приходится.

Однако случилось иначе.

В начале минувшей войны на восточном побережье Англии были расположены мощные радиолокационные станции, работавшие в метровом диапазоне радиоволн и предназначенные для обнаружения немецких бомбардировщиков, летавших с моря, с востока.

Иногда немецкие самолеты появлялись низко над водой в утренние часы, и тогда оказывалось, что радиолокационные станции их не обнаруживают, а на экранах происходит что-то непонятное: они оказывались покрытыми хаотическими помехами, на фоне которых совершенно терялись сигналы от самолетов.

После длительных исследований было установлено, что в этих случаях наблюдались исключительно мощные радиопомехи, исходящие от Солнца, т. е. Солнце оказалось источником радиоизлучения.

Интенсивное и систематическое исследование радиоизлучения Солнца и Луны, а также межзвездного газа и так называемых радиозвезд началось в послевоенные годы, хотя первые данные о наличии внеземного радиоизлучения, исходящего из Галактики, были получены на метровых волнах еще за 10—15 лет до этого. Так началась новая эра в астрономии — зародилась радиоастрономия.

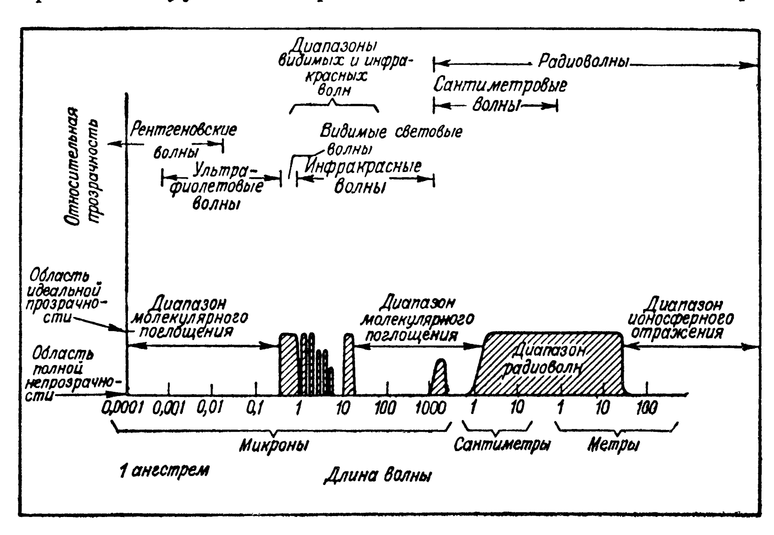
В настоящее время радиоастрономия является одним из самых мощных средств изучения вселенной; ее успехи открывают новые пути к разрешению многих фундаментальных проблем астрономии, физики и космогонии, таких, как строение Солнца и звезд, состав и распределение межзвездной материи, происхождение космических лучей и т. п.

Земная атмосфера прозрачна не только для узкого участка волн вблизи спектра видимого света. Радиоволны длиной от 1 *см* до 15—20 *м* также проходят до поверхности земли, пронизывая всю толщу атмосферы.

Таким образом, в земной атмосфере имеется не одно, а два окна: одно — оптическое шириной в одну-две октавы

и второе — радиоокно, пропускающее около десяти октав радиоволн (фиг. 1). Радиоастрономические наблюдения возможны в любую погоду, днем и ночью, т. е. часто именно тогда, когда визуальные методы наблюдения затруднены или исключены, поэтому радиотехнические методы оказались весьма плодотворными и применение их открывает в астрономии широкие горизонты.

Как уже было сказано, радиоизлучение Солнца было впервые обнаружено на радиолокационных станциях метро-



Фиг. 1. Прозрачность земной атмосферы для электромагнитных волн различной длины.

вого диапазона. Дальнейшие исследования показали, что весь диапазон волн, используемый в радиолокации (от сантиметровых до метровых волн), именно тот диапазон волн, для которого наша атмосфера почти прозрачна, интересен и для радиоастрономии. Таким образом, радиоастрономия получила от радиолокации хорошее аппаратурное наследство и могла развиваться на базе достижений радиолокации в области антенных устройств, чувствительных радиоприемников и индикаторов.

Однако в связи со слабостью радиоизлучения космических источников радиоастрономам понадобилось значительное улучшение приемных устройств. Благодаря специальным техническим приемам удалось добиться того, что современные приемники радиоастрономических станций (типа радио-

метра) способны принимать сигналы из мирового пространства, в сотни раз более слабые, чем собственные флюктуационные шумы аппаратуры.

Одним из основных объектов радиоастрономических наблюдений является Солнце. Систематические наблюдения его радиоизлучения, продолжающиеся во многих странах на протяжении 10 лет, все углубляются и расширяются. Оказалось, что Солнце излучает все радиоволны длиной от нескольких миллиметров до 10—15 *м*, что интенсивность его излучения меняется в весьма широких пределах и достигает наибольшего значения в годы максимума солнечной деятельности. В эти периоды радиоизлучение Солнца на метровых волнах в тысячи раз превосходит радиоизлучение спокойного Солнца.

Было установлено, что «радиосолнце» не является сферическим телом, а скорее большим эллипсоидом вращения, вытянутым в экваториальной плоскости. Наиболее интенсивное излучение метровых волн происходит из областей солнечной короны, далеко отстоящих от его поверхности. Излучение сантиметровых радиоволн происходит главным образом из более плотной хромосферы.

Систематическое исследование радиоизлучения Солнца является весьма эффективным способом изучения его атмосферы. Особенно большое значение приобрели исследования радиоизлучения «возмущенного» Солнца, позволяющие разрешить важные вопросы связи солнечных и земных явлений.

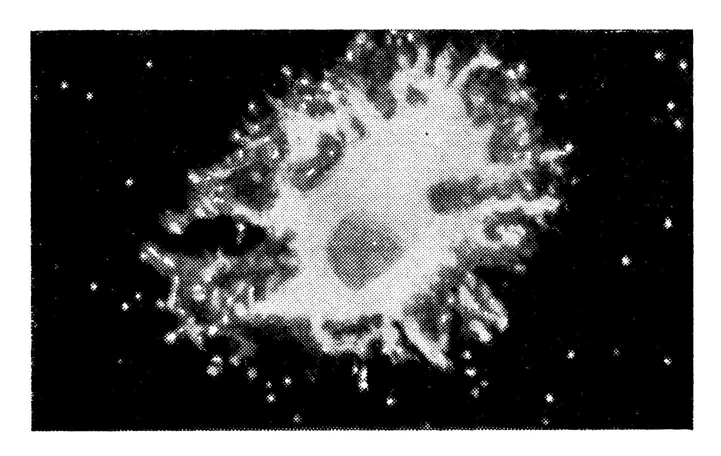
В частности, как известно, магнитные бури на земле и сильные возмущения в земной ионосфере, в значительной мере нарушающие радиосвязь на коротких волнах, тесно связаны с повышением активности Солнца. Они связаны по времени также с резким возрастанием интенсивности солнечного радиоизлучения, наблюдения за которым могут поэтому стать мощным средством радиопрогнозов.

Многие явления, происходящие в солнечной атмосфере, были подробно изучены советскими теоретиками и экспериментаторами. Так, в 1946 г. теоретики показали, что радиоизлучение спокойного Солнца объясняется тепловым излучением солнечной атмосферы. В 1947 г. во время полного солнечного затмения советские исследователи, проводившие наблюдения у берегов Бразилии (на теплоходе «Грибоедов»), впервые экспериментально подтвердили, что радиоизлучение на метровых волнах исходит из солнечной короны.

В последующие годы советскими учеными был проведен

ряд интересных исследований солнечной короны радиоастрономическим методом, в частности путем «просвечивания» ее излучением, исходящим от «радиозвезд».

Около 10 лет назад было обнаружено тепловое радиоизлучение Луны на волне длиной 1,25 *см*. Было установлено, что это радиоизлучение мало меняется с изменением фаз Луны, несмотря на то, что температура поверхности Луны, в зависимости от того, освещена ли она Солнцем или находится в тени, меняется в довольно широких пределах. Повидимому, радиоизлучение Луны на волне 1,25 *см* про-



Фиг. 2. Фотография Крабовидной туманности.

исходит из слоев, расположенных на небольшой глубине (до 50 *см*) под поверхностью.

За последнее время советские ученые исследовали радиоизлучение Луны на более длинных сантиметровых волнах и установили, что колебания в интенсивности радиоизлучения на этих волнах еще меньше.

Особое место в радиоастрономии занимает радиоизлучение Галактики, а также метагалактики. Методами радиоастрономии за истекшие 10 лет было обнаружено более сотни дискретных источников радиоизлучения. На фиг. 2 показана фотография Крабовидной туманности, дискретного источника радиоволн.

Появление таких источников, часть которых не была сразу отождествлена с источниками видимого излучения, получивших название радиозвезд, вызвало чрезвычайно большой интерес.

В настоящее время, в значительной мере благодаря работам советских физиков и астрономов, выяснено, что дискретные источники радиоизлучения либо представляют собой излучение далеких галактик, либо возникают в результате космических катастроф (например, вспышек сверхновых звезд). В последнем случае радиоизлучение связано с движением весьма быстрых (релятивистских) электронов. На месте одного из мощных источников радиоизлучения в созвездии Лебедя, посылающего поток радиоизлучения, больший, чем световой поток, ученые обнаружили две сталкивающиеся галактики.

Можно считать весьма вероятным, что общее радиоизлучение Галактики в метровом диапазоне волн, помимо дискретных источников, обусловлено тепловым излучением ионизированного межзвездного газа, а также излучением релятивистских электронов, движущихся в межзвездных магнитных полях.

* *
*

Выше мы вкратце рассмотрели явления, связанные с излучением радиоволн космическими образованиями. Источниками излучения являлись космические «радиопередатчики». Поэтому методы исследования их излучения оказываются весьма сходными с методами, применяемыми в так называемой пассивной (вторичной) радиолокации.

Не меньший интерес представляет активная радиолокация небесных тел, основанная на облучении их радиоволнами и регистрации получаемого отражения. Такова, например, радиолокация Луны, планет и метеоров. Эта новая область называется радиолокационной астрономией.

Академики Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси уже в 1938 г. изучали возможности радиолокации Луны, а в 1942 г., задолго до практических опытов, проведенных в 1946 г. в Венгрии и США, обосновали эту задачу техническими расчетами. Недавно было сообщено, что в 1943 г. в Германии были зарегистрированы отражения радиоволн от Луны. Расстояние до Луны, измеренное методом радиоэхо, хорошо согласуется со значениями, измеренными другими способами.

Теоретически возможно применить радиолокацию и для изучения крупных астероидов, приближающихся к Земле на небольшие расстояния, а также радиолоцировать большие планеты солнечной системы.

Серьезные научные результаты достигнуты в радиолокации метеоров.

Скорость, с которой метеорные тела влетают в атмосферу Земли, зависит от относительного движения этих тел и Земли. Так как скорость Земли при ее движении по орбите вокруг Солнца равна 30 *км/сек*, а гелиоцентрическая скорость метеорных тел доходит до 42 *км/сек*, то геоцентрическая скорость метеорных тел лежит в пределах 12—72 *км/сек*. При попадании в верхние области атмосферы земли поверхность метеорных тел подвергается интенсивной бомбардировке частицами газов; энергия этих ударов превращается большей частью в тепло, и в результате вещество метеорного тела испаряется. Атомы вылетают с тепловыми скоростями относительно метеорного тела, и энергия их при скорости около 40 *км/сек* относительно тела достигает 100—1 000 электрон-вольт. При столкновении с частицами воздуха атомы метеорного тела производят ионизацию. В результате за метеорным телом тянется ионизированный след, имеющий форму цилиндра или нити диаметром около 20 *см* и длиной до 10 и более километров.

В ясные ночи метеоры хорошо наблюдаются простым глазом, и это явление (с легкой руки поэтов) известно под названием «падающих звезд» или, как говорят французы, «les étoiles filantes». Невооруженным глазом при благоприятных условиях можно увидеть до десяти метеоров в час, что составляет ничтожную долю того количества, метеорных тел, которое фактически попадает в земную атмосферу.

Иначе обстоит дело при радиолокационном наблюдении метеоров. Известно, что метровые радиоволны хорошо отражаются от областей, содержащих ионизированный газ, и поэтому метеорный след легко обнаруживается радиолокационными станциями метрового диапазона.

В метеорной радиолокации применяется тот же активный метод обнаружения отражающего тела (в данном случае столба ионизированного газа), что и в радиолокационной технике, т. е. радиолокационная станция излучает короткие импульсы радиоволн и принимает импульсы, отраженные от метеорного следа.

Радиолокация метеоров, позволяющая вести наблюдение за ними на протяжении круглых суток и в любых условиях видимости, во многом помогла изучению этого интересного явления, так как оказалось возможным наблюдать гораздо большее количество метеоров, чем это могло быть сделано

визуально. Открыты неизвестные ранее обильные дневные метеорные потоки, радианты которых расположены вблизи направления на Солнце.

Изучение тонкой структуры радиоэхо позволяет найти геоцентрическую скорость метеоров. Было установлено практически полное отсутствие гиперболических скоростей метеорных тел относительно Солнца и тем самым доказана принадлежность этих тел к солнечной системе. Было измерено время существования метеорного следа в атмосфере; оно оказалось для метеорных следов, обнаруживаемых только радиолокаторами и невидимых глазом, в пределах десятых долей секунды, а для метеоров, видимых глазом, — значительно больше.

Изучение следов метеоров в верхних слоях атмосферы, а также флюктуаций интенсивности сигнала, принимаемого от дискретных источников радиоизлучения, обусловленных ионосферой, позволило начать систематическое исследование скорости ионосферного ветра, достигающей на высоте 100 *км* 200 *км/час.*

Все это привело к значительному расширению наших познаний по строению и составу верхних слоев атмосферы.

* *
*

Межзвездный газ, представляющий собой главным образом сильно разреженный водород, находящийся в невозбужденном состоянии, почти прозрачен для видимой части спектра. Поэтому оптические наблюдения не дают никаких указаний не только о концентрации этого газа, но и о самом наличии его в мировом пространстве.

В 1945 г. голландский астрофизик Ван де Холст указал, что переход между составляющими сверхтонкой структуры основного состояния атома водорода дает спектральную линию с длиной волны около 21 *см.* В 1951 г. радиолиния водорода была обнаружена независимо наблюдателями трех континентов земного шара. Так возникла радиоспектроскопия Галактики. Наблюдение излучения межзвездного водорода радиоастрономическими методами уже теперь дает чрезвычайно ценные сведения о концентрации космического водорода, его распределении в пространстве, движении и т. д.

В настоящее время исследование спектральной радиолинии межзвездного водорода является одним из основных

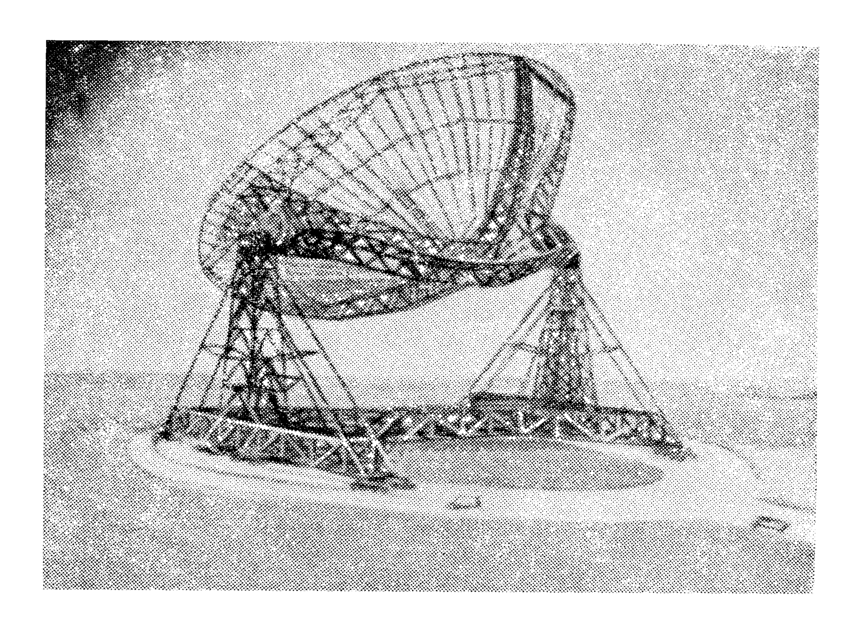
методов изучения межзвездной среды. Удалось измерить кинетическую температуру водорода; удалось показать, что межзвездный газ находится преимущественно в ветвях спиралей нашей Галактики. В 1953 г. было обнаружено излучение с длиной волны 21 *см*, идущее от Магеллановых облаков. При этом было оценено количество межзвездного водорода в этих галактиках, измерены скорости турбулентных движений и найдено, что обе галактики, составляющие Магеллановы облака, динамически связаны.

За последнее время было обнаружено еще несколько источников монохроматического излучения космического происхождения.

* *
*

Методы, которыми пользуются в радиоастрономии для получения достаточно точных угловых координат космических источников, перенесены из радиолокации, которая в свою очередь заимствовала их из оптики и акустики.

Для получения большой разрешающей силы (узкой диаграммы направленности) и высокой чувствительности на



Фиг. 3. Радиотелескоп с диаметром зеркала 76 *м*.

радиоастрономических станциях применяют так называемые радиотелескопы, т. е. большие антенны, геометрические размеры которых во много раз больше применяемой длины волны, в сочетании с чувствительными приемными устройствами.

На фиг. 3 показан строящийся в Англии радиотелескоп с диаметром зеркала 76 *м*. Угловая разрешающая способность этого телескопа на волне 1 *м* равна $\pm 0{,}5^\circ$ (усиление по мощности 16 000), на волне 1,9 *м* — около $\pm 1^\circ$ (усиление по мощности 2 000). Общий вес стальных конструкций 1 200 *т*, вес параболоида 500 *т*.

На фиг. 4 показана часть большого неподвижного радиотелескопа, установленного в 1954 г. на Крымской станции Физического института Академии наук СССР. Этот телескоп представляет собой параболический отражатель в виде вырытой в земле чаши; на земле уложены доски, обшитые металлической сеткой. Диаметр отражателя 30 *м*. В фокусе расположены диполи для приема энергии от космических источников радиоизлучения.

Другим методом обеспечения больших угловых точностей является способ радиоинтерферометрии. Радиоинтерферометры состоят из двух или более (до нескольких десятков) не слишком больших антенн направленного действия, расположенных по одной линии, образующей базу длиной от нескольких десятков до нескольких сотен длин волн. Все антенны присоединяются к одному приемнику. Острая направленность получается за счет интерференции когерентных колебаний, попадающих на антенны с разными фазами, в зависимости от угла падения радиоволн.

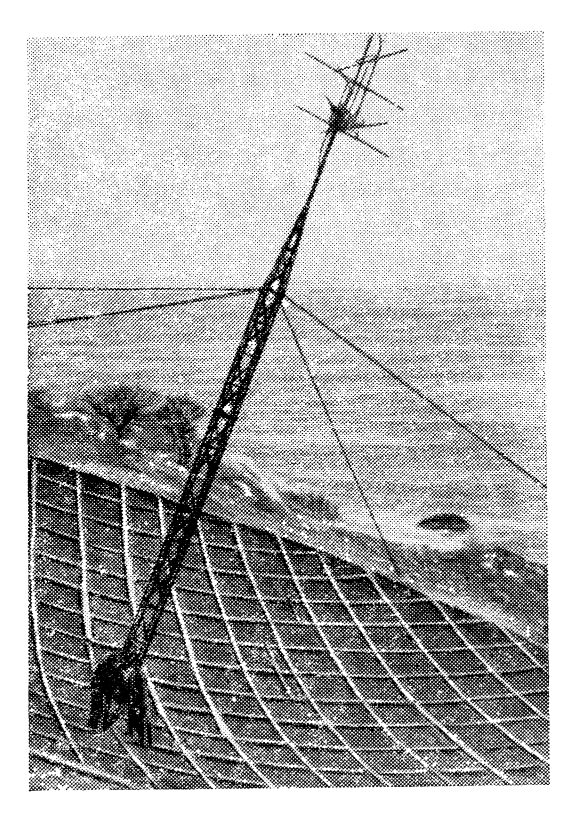
Такая система обладает многолепестковой диаграммой направленности, причем ширина отдельных лепестков может достигать нескольких градусов или минут.

Два радиотелескопа, один из которых изображен на фиг. 4, образуют двухантенный радиоинтерферометр, применяемый для изучения спектра радиоизлучения космических источников, их поляризации и исследований радиофизического характера.

Из изложенного выше ясно, что значение радиоастрономии трудно переоценить. Она позволяет не только дополнить и углубить сведения, получаемые оптической астрономией, но и поставить и решить новые важные проблемы астрофизики и космогонии. Например, решение такого важнейшего для космогонии вопроса, как распределение и дви-

жение межзвездного водорода в основном состоянии, было бы без радиоастрономии вообще невозможно.

Помимо решения чисто астрономических задач, радиоастрономия дает в руки ученых новое средство изучения земной атмосферы и происходящих в ней физических процессов.



Фиг. 4. Самый большой радиотелескоп СССР (диаметр отражателя 30 *м*).

Радиоастрономия сильно расширяет возможности астрономии, делает доступными наблюдения вне зависимости от времени суток и метеорологических условий. Радиоастрономическая техника позволяет производить измерения интенсивности, спектра и поляризации источников радиоизлучения, их угловых размеров и распределения радиояркости вдоль их поверхности. Однако радиоастрономическая тех-

ника уступает астрономической оптике в одном существенном пункте: вследствие того, что длина радиоволн, даже очень коротких (порядка 1 *см*), все же в десятки тысяч раз больше длин волн видимого света (порядка 0,5 микрона), разрешающая способность (направленность) радиотелескопов значительно ниже разрешающей способности оптических телескопов. Поэтому дальнейшее развитие радиоастрономии связано с повышением разрешающей силы радиотелескопов, т. е. с увеличением их размеров.

Сочетание радиоастрономических и оптических методов исследования позволит в ближайшем будущем решить ряд весьма важных проблем астрономии и физики и окажет существенную помощь практике.

РАДИОНАВИГАЦИЯ

Как известно, изобретатель радио А. С. Попов одновременно является и основоположником радионавигации. Еще в 1897 г. он указал на возможность использования электромагнитных сигналов на маяках в дополнение к световым и звуковым сигналам, заложив тем самым основы радионавигационной техники.

Эти указания А. С. Попова впервые нашли свое практическое применение еще во время русско-японской войны для пеленгации радиопередач с кораблей противника.

Развитие радиотехники в последующие годы полностью подтвердило большую ценность различных радиотехнических устройств для морской и воздушной навигации.

Были разработаны корабельные радиопеленгаторы и самолетные радиокомпасы, которые указывали направление на работающие наземные радиостанции. Эти устройства значительно увеличили безопасность судоходства и аэронавигации в условиях плохой видимости, а в открытом море и при полетах над местностью, лишенной ориентиров, стали основными средствами определения места. В настоящее время все корабли и самолеты оснащаются радионавигационным оборудованием.

Большие заслуги в развитии радионавигации имеют советские ученые.

В 1931—1933 гг. Л. И. Мандельштамом совместно с Н. Д. Папалекси были разработаны радиоинтерференционные методы определения расстояний, заложенные в основу фазовых радионавигационных систем, нашедших широкое применение в морской и воздушной навигации, при разведке полезных ископаемых, в геодезии и гидрографии.

Быстрое развитие радиоэлектроники и особенно радиолокации в период второй мировой войны, освоение новых диапазонов волн, разработка импульсных методов работы способствовали созданию новых навигационных систем ближней, средней и дальней навигации, ультракоротковолновых радиомаячных и радиодальномерных устройств, систем для посадки самолетов ночью и в условиях плохой видимости.

Радионавигационные системы принято подразделять на системы дальней навигации, обеспечивающие определение местоположения на расстояниях до нескольких тысяч километров от станции, системы для средних расстояний (до нескольких сотен километров) и системы ближней навигации и слепой посадки самолетов.

Все современные радионавигационные системы обеспечивают точность определения местоположения, вполне достаточную для практических целей. Эта точность измеряется процентами или долями процента от расстояния. Некоторые системы радионавигации могут обеспечивать точности порядка метров и даже дециметров, что особенно важно при геодезических работах и решении специальных задач.

Современные аэродромные радиолокационные станции управления движением и посадкой самолетов повышают пропускную способность аэродромов, сокращают время ожидания посадки и уменьшают опасность столкновения самолетов в воздухе. Разработаны различные системы управления с земли заходом самолетов на посадку, причем на самолете в этом случае не требуется никакого специального оборудования, кроме обычного связного радиоприемника для приема команд с земли по радиотелефону.

Дальнейшее совершенствование радионавигационной аппаратуры представляет широкое поле деятельности для специалистов этой области. Кроме того, большое значение имеют работы по изучению условий распространения радиоволн всех диапазонов, направленные на повышение дальности действия, точности, помехоустойчивости и надежности работы радионавигационных систем.

РАДИОМЕТЕОРОЛОГИЯ

Изобретатель радио А. С. Попов впервые в истории применил радиотехнический метод для обнаружения гроз, причем получал и регистрировал своим грозоотметчиком радиоволны от грозовых разрядов на расстоянии 30 *км*. Это было первое в мире радиоприемное устройство, принимавшее ра-

диоволны от отдаленного источника. Так 60 лет назад зародилась радиометеорология.

Радиометеорология обслуживает одновременно две области: радиотехнику и метеорологию. С одной стороны, она изучает влияние метеорологических факторов и процессов в тропосфере на распространение радиоволн; с другой стороны, радиотехнические наблюдения позволяют определять физические параметры тропосферы, интересующие метеорологию.

Влияние метеорологических факторов в атмосфере сказывается на преломлении, рассеянии и поглощении радиоволн.

Изменение температуры и влажности с высотой приводит к изменению диэлектрической проницаемости и, следовательно, к изменению коэффициента преломления в вертикальном направлении; преломление радиоволн обычно значительно превосходит преломление волн видимого света в тех же условиях и может привести к значительному изменению (обычно увеличению) дальности действия станции, работающей на самых коротких радиоволнах.

Рассеяние этих волн на частицах воды или льда, содержащихся в атмосфере, резко возрастает с укорочением волны и на сантиметровых и миллиметровых волнах может привести к нарушению связи. На индикаторах радиолокационных станций отражение от осадков и облаков дает четкую картину засвечивания экрана. Это создает серьезные неудобства для наблюдателей на наземных радиолокационных станциях, но в авиации может служить для предупреждения летчиков об угрожающих им грозовых образованиях.

В последние годы обнаружено, что рассеяние на неоднородностях тропосферы может привести к устойчивому приему метровых и более коротких радиоволн далеко за пределами прямой видимости. Это явление и его связь с колебаниями коэффициента преломления воздушной среды в настоящее время тщательно изучаются.

Значительный теоретический и практический интерес представляет поглощение наиболее коротких радиоволн в водяном паре и кислороде. Наибольшее поглощение в водяном паре происходит на волне длиной около 1,3 *см*. Большое поглощение радиоволн наблюдается в дождевых каплях, частицах града и даже снежинках. Это явление ограничивает возможность применения миллиметровых радиоволн для целей связи и радиолокации. Наконец, следует отме-

тить, что кислороду воздуха свойственно избирательное поглощение (благодаря хорошо выраженному магнитному дипольному моменту молекул) на волнах длиной около 5 и 2,5 *мм*.

Таким образом, радиометеорология позволяет учитывать влияние метеорологических факторов в тропосфере на распространение радиоволн; в то же время радиотехнические методы помогают изучать образование облаков и осадков, неоднородности и турбулентность в нижних слоях тропосферы, что имеет большое значение для метеорологии.

В метеорологии применяются радиогидрометеорологические станции — автоматические устройства, позволяющие без обслуживающего персонала измерять различные гидрометеорологические элементы: скорость и направление ветра, давление, температуру и влажность воздуха, атмосферные осадки, температуру воды и пр. Эти данные автоматически кодируются и передаются по радио на значительные расстояния (радиотелеметрия).

Радиогидрометеорологические станции устанавливаются в труднодоступных и малообжитых районах на суше и на плавающих объектах. Аппаратура рассчитана на автономную работу на протяжении длительного времени (по году и более). В СССР первые радиогидрометеорологические станции были разработаны в 1931—1935 гг.

В период 1925—1928 гг. советские ученые — проф. И. Г. Фрейман (Ленинградский электротехнический институт имени В. И. Ленина) и П. А. Молчанов (Слуцкая аэрологическая обсерватория) — сконструировали и испытали первые радиозонды, предназначенные для метеорологических наблюдений.

Радиозонд — радиометеорологический прибор, служащий для измерения давления, температуры и влажности воздуха, автоматически передающий по радио значения этих метеорологических элементов на разных высотах во время подъема в атмосфере.

Направление и скорость ветра в высоких слоях определяются либо визуально (аэрологическим теодолитом), либо путем радиопеленгования.

Современный советский радиозонд вместе с передатчиком, миниатюрными электронными лампами и батареей питания весит несколько более 1 *кг*; размеры самого передатчика лишь немногим превышают размеры спичечной коробки. Сигналы радиозонда принимаются на расстоянии до 100 *км*.

В метеорологии применяется также радиоветромер — прибор для автоматического измерения и сигнализации скорости и направления ветра из удаленных от берега (или необжитых) мест. В море радиоветромеры устанавливаются на плавающих буях и имеют автономные радиопередающие, управляющие и кодирующие устройства с часовым механизмом. Датчиком скорости ветра в радиоветромере служит контактный анемометр, датчиком направления — флюгер.

В радиометеорологии применяются также чисто радиолокационные методы. При помощи радиолокаторов производятся следующие наблюдения: измерение скорости и направления ветра на различных высотах; наблюдение за облаками и осадками; обнаружение инверсии температуры и влажности; исследование зон турбулентности атмосферы; обнаружение и определение местонахождения грозовых разрядов.

Наблюдения ведутся за сигналом, отраженным от гидрометеоров и облачных частиц, а также от участков электрической неоднородности атмосферы (например, инверсий температуры). Измерения скорости и направления ветра производятся по радиосигналам, отраженным от специальных антенн-вибраторов, подвешиваемых к шару-пилоту.

Все эти методы использования радиотехнических и радиолокационных средств в метеорологии значительно обогатили ее и в течение нескольких лет позволили реализовать такие возможности, о которых только мечтали метеорологи предшествующих веков.

Теперь метеорологи располагают бо́льшим количеством данных, чем они могут обработать. Выход из этого затруднения лежит в применении электронных вычислительных машин, способных обработать в короткий срок все сведения, поступающие от метеорологических станций.

ЭЛЕКТРОННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Среди замечательных достижений, ставших возможными благодаря развитию электроники и импульсной техники, особое место занимают электронные математические машины. Потребность в ускорении счетных работ, их механизации для облегчения труда расчетных работников ощущалась очень давно. Эта потребность в известной мере удовлетворяется простыми счетами, которые применялись еще 4—5 тыс. лет назад в Китае и были перенесены в V в. до

нашей эры из Вавилона в Грецию. Всевозможные механические и электромеханические арифметические машины появились около 100 лет назад и в большом многообразии применяются и в наши дни. Лет пятьдесят назад инженеры и конструкторы были обрадованы появлением логарифмической счетной линейки.

Первая в мире математическая машина для интегрирования дифференциальных уравнений была сконструирована и построена акад. А. Н. Крыловым в Морском Опытовом бассейне в Петербурге в 1912 г. Это выдающееся достижение русской науки получило мировую известность.

С момента появления первой электронной цифровой быстродействующей машины вычислительная техника вступила в новую фазу. Переход к огромным скоростям и возможность получения большой точности расчета по-новому поставили проблему выполнения математических вычислительных работ.

При помощи электронных математических машин решаются в основном следующие два типа задач:

а) задачи, требующие очень большого объема вычислительных работ и в силу этого очень большого времени, если пользоваться старыми средствами;

б) задачи, требующие очень большой скорости решения, недоступной на прежних вычислительных устройствах.

К задачам первого типа относятся в основном сложные математические проблемы, связанные с современной аэродинамикой, гидродинамикой, метеорологией, ядерной физикой. Эти задачи решаются при помощи больших универсальных электронных цифровых счетных машин.

К задачам второго типа относятся проблемы, связанные с управлением сложными и автоматизированными технологическими и производственными процессами, требующими точного соблюдения режимов.

Электронные автоматические быстродействующие цифровые машины (машины дискретного счета) могут обеспечить точность до миллионных долей процента и быстроту действия с десятизначными числами в несколько тысяч операций в секунду.

Указанные выше два типа задач решаются: первые — универсальными машинами, вторые — специализированными или управляющими машинами.

Электронные автоматические быстродействующие машины дискретного счета в настоящее время с большим успехом применяются для решения математических проблем и

задач физики, прикладной математики, механики, химии, статистики и астрономии. Они оказывают существенную помощь радиофизикам в развитии теории электромагнитных колебаний, решении волновых уравнений, описывающих распространение радиоволн в самых различных условиях. Проблемы нелинейной механики, встречающиеся в теории электрических и механических колебаний, в задачах устойчивости и автоматического регулирования, могут быть решены гораздо скорее и точнее при помощи электронных математических машин дискретного счета. Многие проблемы магнетизма, распространения тепла, аэро- и гидродинамики вообще не могут быть разрешены без применения современных электронных машин дискретного счета.

Специализированные или управляющие электронные автоматические быстродействующие цифровые машины решают задачи в очень короткие сроки, что позволяет применять их в тех случаях, когда необходимо быстро реагировать на регулируемые процессы. Они применяются также с успехом в гармоническом анализе, для решения задач линейной алгебры, статистической обработки результатов экспериментов, дифференцирования, интерполирования, численного интегрирования, решения системы алгебраических уравнений, суммирования и умножения рядов, вычисления матриц и определителей и т. д.

Естественно, что осуществление всех этих возможностей, определяющих темпы развития современной науки, покупается дорогой ценой. Современная большая электронная математическая машина содержит сотни и тысячи миниатюрных и долговечных электронных ламп, полупроводниковых и ламповых усилителей и выпрямителей, сопротивлений и конденсаторов, накопительных электроннолучевых трубок, ртутных или кварцевых линий задержки и других элементов, необходимых для «запоминания», т. е. записи в той или иной форме задания и результатов промежуточных вычислений.

Все эти элементы скомпонованы в единый сложный механизм, занимающий пока еще очень много места (десятки и сотни квадратных метров).

Так, например, одна из современных машин содержит 2 600 электронных ламп и 3 700 полупроводниковых приборов и потребляет мощность 30 *квт*. Эта машина может выполнять до 16 000 математических операций в секунду.

Другая машина содержит до 1 000 электронных ламп и 16 000 германиевых полупроводниковых приборов.

Электронная машина должна совершать в строгой последовательности и совершенно надежно, практически безинерционно, огромное количество простейших операций для передачи данных из одной части машины в другую и в короткий срок представлять конечный результат своей работы в удобной для использования форме.

Одной из важнейших и наиболее ответственных операций, которая должна быть выполнена математиками, является операция выработки заданий для машины, так называемой программы. Пользуясь методами приближенных вычислений, необходимо выработать ряд последовательно чередующихся команд, составляющих задание (программу) для работы машины. После того как программа введена в машину, вычисления в ней производятся автоматически.

Составление программ отнимает очень много времени и требует специальной подготовки и высокой квалификации. Необходимы специалисты определенного профиля, главным образом математики, для качественного и относительно быстрого составления программ. От качества программы в значительной мере зависит работа машины, так как роль ее как механизма в конечном счете сводится к переработке полученного задания (программы), каково бы оно ни было, и выдаче результатов. Машины не могут исправить ошибки в программе; качество и темп их работы в значительной мере зависят от соответствия программы поставленной задаче.

Для ускорения работы машин необходимо добиваться автоматического программирования. Это будет дальнейшим шагом в деле автоматизации работы математических машин.

Кроме описанных выше машин дискретного счета, широко распространены также машины непрерывного действия (электромоделирующие машины); они с успехом применяются для менее точных вычислений и главным образом для качественной оценки инженерных расчетов и исследований.

Ближайшими перспективами развития электронных математических машин являются:

1) увеличение надежности работы машин путем широкого применения полупроводниковых приборов (для замены ламп), тиратронов с холодным катодом, ферромагнитных и ферроэлектрических элементов, новых запоминающих устройств, в частности на основе кристаллов титаната бария;

2) создание малых электронных быстродействующих

цифровых машин и их широкое использование в науке, технике и народном хозяйстве; автоматизация их программирования и контроля их программ;

3) разработка специализированных электронных цифровых быстродействующих машин применительно к энергосистемам, электростанциям, химическим процессам и металлургии, для решения задач навигации и т. д.

В ближайшие годы можно с уверенностью ожидать широкого внедрения в практику небольших электронных математических машин. Эти машины будут значительно меньше и дешевле, но не менее надежны, чем большие машины; они найдут себе широчайшее применение в научно-исследовательских институтах, конструкторских бюро, промышленных предприятиях и учебных заведениях.

Некоторые области физики и метеорологии в ближайшие годы вообще не смогут развиваться, если не изменить коренным образом их техническую оснащенность; сюда относятся, в частности, вопросы прогнозирования погоды.

В настоящее время имеются все возможности для создания специальной электронной машины для автоматического перевода технического текста с одного языка на любой другой язык. О создании макета такой машины уже сообщалось в печати. В эту машину в виде особых кодовых сигналов закладывается необходимый словарный запас, а ее действия подчиняются ряду правил, разработанных на основе специального изучения при помощи теории информации грамматических особенностей соответствующих языков. Результат работы машины выдается в виде напечатанного текста, не требующего существенной стилистической правки.

Весьма важно внедрение научно-справочных и статистических машин в практику службы информации. Развитие науки и возрастающая потребность своевременного учета достижений в разрабатываемой или смежных областях науки требуют широкого применения быстродействующих научно-справочных машин для систематизации и учета содержания мирового фонда научной литературы. Решение этой проблемы приведет к значительному увеличению производительности труда научных учреждений и отдельных работников и поможет скорейшему использованию в новых научных работах всех результатов предшествующих исследований, наблюдений и технических разработок. Без решения этой задачи при непрерывном возрастании объема научно-технической литературы возникает опасность превращения

научных работников в архивариусов фактов, как об этом много лет назад предупреждал акад. И. П. Павлов.

Особенностями научно-справочных и статистических машин являются:

а) наличие очень емкого запоминающего устройства с длительной «памятью», воспроизводящего запись с большой скоростью;

б) наличие быстродействующих логических элементов, позволяющих вести обработку материалов одновременно по большому числу заданных признаков.

Работы советских ученых, инженеров, конструкторов и технологов в области повышения производительности умственного труда и с целью сглаживания противоречий между трудом умственным и физическим направлены на создание и широкое применение электронных математических машин. Эти работы пользуются большим вниманием и поддержкой в нашей стране и быстро развиваются.

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Живущая в Южной Америке ночная птица гвачаро имеет резкий голос, на что еще 150 лет назад обратил внимание Александр Гумбольдт. Недавно было установлено, что эта птица, живущая только в темных пещерах, пользуется своим криком на частоте 7 000 *гц* как звуколокатором для определения расстояния до препятствий.

Известно, что летучие мыши также обладают способностью маневрировать в полной темноте между натянутыми проволоками или другими препятствиями. Специальными опытами было установлено, что летучие мыши посылают кратковременные импульсы очень высоких звуков и, учитывая время возвращения эхо, уверенно огибают невидимые препятствия.

Таким образом, мы имеем по крайней мере два примера применения импульсной звукометрии в животном мире.

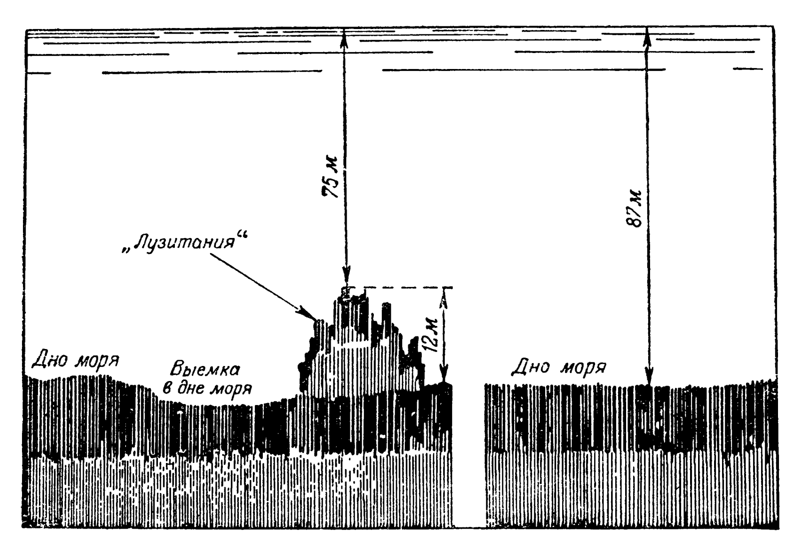
На этом же принципе основано множество технических приборов, работающих в ультразвуковом диапазоне частот и широко применяемых в промышленности, физике и военном деле.

Ультразвуком называются механические колебания на частотах, лежащих за верхним пределом слышимости человеческого уха, т. е. более 20 тыс. *гц*.

В настоящее время технически возможно получать ультразвуковые колебания на значительно более высоких частотах, вплоть до 1 млрд. *гц*.

Разработка технического применения ультразвуковых колебаний началась во Франции. В области решения основных проблем по ультразвуку особенно велики заслуги французского академика, коммуниста, друга Советского Союза, Ланжевена, скончавшегося в 1946 г. Его первые успешные работы с ультразвуком относятся к 1915—1916 гг.

Одно из первых применений ультразвука относилось к области наблюдения, связи и сигнализации на погруженных подводных лодках. Объясняется это тем, что вода является хорошим проводником звуков, а применение неслышных для человеческого уха колебаний особенно важно для погруженных подводных лодок.



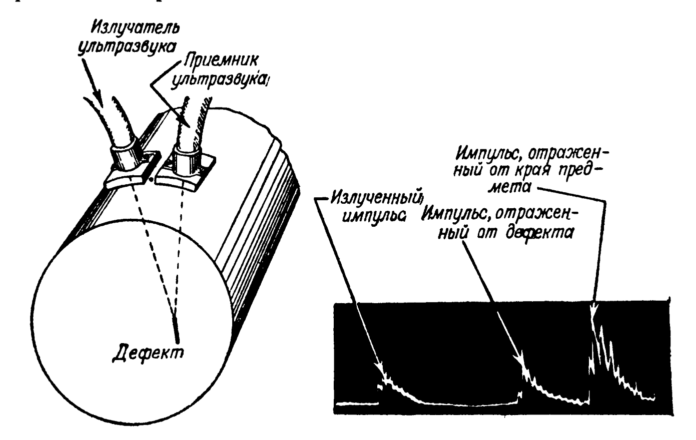
Фиг. 5. Эхограмма затонувшего лайнера „Лузитания".

Ультразвуковые глубомеры (эхолоты), нашедшие самое широкое применение во всех флотах мира и открывшие новую эру в мореплавании и изучении морского дна, работают посылками коротких направленных звуковых импульсов и измерением интервала времени между посылкой и обратным возвращением импульса.

В частности, при помощи эхограммы морского дна, снятой эхолотом, удалось обнаружить на глубине 75 *м* местоположение затонувшего во время первой мировой войны гигантского лайнера «Лузитания» (фиг. 5).

В науке и на производстве находят широкое применение ультразвуковые дефектоскопы (фиг. 6), предложенные и разработанные в 1928 г. чл.-корр. Академии наук СССР С. Я. Соколовым, позволяющие контролировать качество промышленных изделий при помощи быстродействующих регистрирующих электронных приборов.

В настоящее время проводятся работы по применению ультразвуковых дефектоскопов для контроля качества бетонных кладок, фарфоровых изоляторов, автомобильных покрышек и др.



Фиг. 6. Схема действия ультразвукового импульсного дефектоскопа.

Широкое внедрение в промышленности методов ультразвуковой дефектоскопии позволяет получить высокий экономический эффект, повышает качество продукции и удешевляет ее. Особенно важно отметить, что отпадает необходимость в выборочном контроле, связанном с порчей деталей.

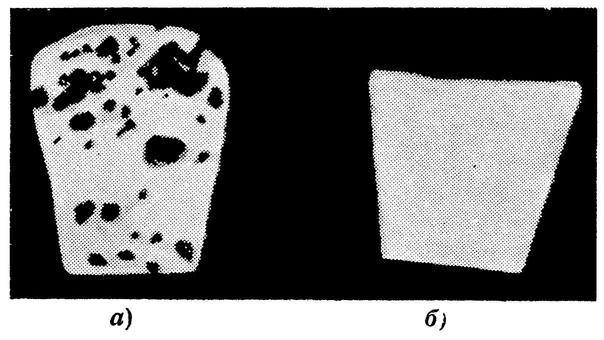
Можно считать установленным, что уже сейчас благодаря применению ультразвуковых дефектоскопов во многих случаях были предупреждены аварии, обнаружен брак и сэкономлено много материалов.

Принципы ультразвукового эхо с успехом применяются для измерений толщины и других размеров изделий. Импульсные методы используются для измерений скорости движения и поглощения ультразвуков в газах, жидкостях и твердых телах, причем эти измерения могут производиться в самых широких пределах температур, от самых низких до температур плавления металлов.

Большой интерес представляет воздействие ультразвуковых колебаний на вещество. К сожалению, до сих пор нет удовлетворительной общей теории жидкого состояния, и многие вопросы структуры жидкостей еще далеко не выяснены.

Теория твердого тела разработана значительно лучше, чем теория жидкости, однако и здесь еще остается очень много неясного. Методы ультразвуковой акустики открывают перспективы пополнения наших знаний в области теории жидкого и твердого состояний.

На фиг. 7 показано воздействие ультразвука на процесс затвердевания слитка из сплава AlMg. При воздействии ультразвука (*б*) получается совершенно равномерная структура материала, недостижимая в обычных условиях затвердевания (*а*).



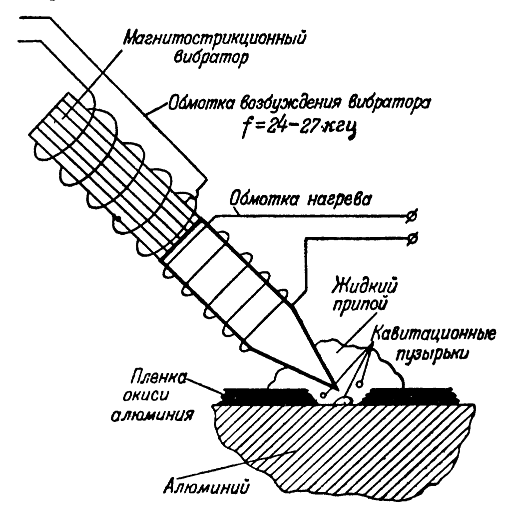
а) *б*)

Фиг. 7. Разрез слитка сплава алюминия с магнием.

Воздействие на твердое или газообразное вещество сводится в основном к возникновению вибрации его частиц с ультразвуковой частотой. В случае воздействия на жидкость основным эффектом является кавитация, представляющая собой образование разрывных полостей, при так называемом «захлопывании» которых развиваются огромное (до 20 000 *ат*) давление и местное повышение температуры (до нескольких сотен градусов). Это приводит к улучшению структуры металлов, осаждению дымов и пыли, получению эмульсий, находит применение для стерилизации воды и молока.

Большое значение имеет ультразвуковое обезгаживание жидкостей, например расплавленных металлов и стекломасс.

В промышленности применяются ультразвуковая пайка и лужение алюминия и нержавеющей стали. Препятствием для пайки алюминия обычным способом является оксидная пленка, появляющаяся на его поверхности при соприкосновении с атмосферой, обладающая механической прочностью и химической стойкостью. При ультразвуковом методе пайки паяльнику сообщаются ультразвуковые колебания, возбуждаемые магнитострикционным вибратором, непосредственно соприкасающимся с задней стороной паяльника, как показано на фиг. 8.



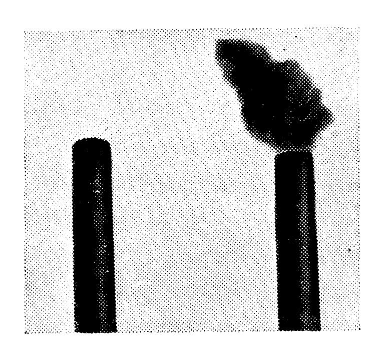
Фиг. 8. Схема действия ультразвукового паяльника.

Попадая в жидкий припой, эти ультразвуковые колебания создают кавитационные пузырьки, которые при своем захлопывании срывают оксидную пленку. Будучи защищенной от доступа воздуха, поверхность алюминия, соприкасаясь с жидким припоем, облуживается и, таким образом, происходит спаивание.

Подобным способом можно удалять не только оксидные пленки, но и всякого рода загрязнения, слой жира и т. п. Ультразвуковые очистка и обезжиривание, особенно мелких деталей сложной формы, уже применяются в настоящее время.

Многообещающим применением ультразвука в промышленности является ультразвуковая холодная обработка твердых металлов и таких материалов, как керамика, кварц и

стекло. Этим способом можно сравнительно быстро вырезать отверстия любого фасонного профиля в карбиде вольфрама, сверхтвердых сплавах, керамике, металлокерамике, кварце, стекле и т. д. В настоящее время этот метод уже применяется для заточки резцов из сверхтвердых сплавов, нанесения стружколомных каналов, обработки прецизионных изоляторов электровакуумных приборов и рубиновых и сапфировых подшипников в приборах точной механики. Производительность этого метода во много раз превышает производительность при работе алмазной пилой.



Фиг. 9. Осаждение дыма ультразвуковой сиреной: слева — сирена включена, справа — сирена выключена.

Большой интерес представляют очистка поверхности, шлифовка и полировка мелких металлических деталей. Деталь, которую необходимо очистить или отшлифовать, погружают в растворитель или жидкость со взвешенными в ней частицами абразивов. При облучении жидкости ультразвуковыми волнами частицы абразивов приходят в колебательное движение и шлифуют детали, а потоки жидкости эффективно растворяют поверхностные загрязнения.

Ультразвуковые колебания с успехом применяются для очистки дымов и выхлопных газов. Источником колебаний при этом являются мощные ультразвуковые сирены (фиг. 9).

Задача очистки газов и дымов особенно важна для промышленных предприятий, расположенных в городах. Огромное значение имеет очистка газов на некоторых предприятиях химической промышленности, например в сернокислотном производстве. Обычно без такой очистки до 10% серной кислоты уходит в воздух, что вызывает потерю ценного продукта и отравление окружающей местности. После вве-

дения очистки практически вся серная кислота извлекается из газа.

Воздействием ультразвуков на некоторые химические вещества можно добиться ускорения реакции, в частности таким образом можно даже управлять ходом различных реакций, например полимеризацией высокомолекулярных соединений.

В последнее время ультразвуком заинтересовались биологи, так как воздействием ультразвуковых колебаний можно добывать ферменты, витамины и пр. Ультразвуковые колебания убивают мелких животных и микроорганизмы, что позволяет применять ультразвук для промышленной очистки и стерилизации питьевой воды и пищевых продуктов. При облучении ультразвуком болезнетворных микробов можно получить соответствующие вакцины.

В терапии начинает находить применение лечение ультразвуком заболеваний периферической нервной системы (ишиас, невралгия); терапевтическим средством является в данном случае селективный нагрев тканей.

Можно было бы привести множество примеров достижений и возможностей ультразвуковой техники, но это не входит в мою задачу.

Я остановился на свойствах ультразвуковых колебаний в связи с тем, что радиоэлектронные приборы и методы играют в этой технике существенную роль. Они выполняют в большинстве случаев задачу выработки высокочастотной энергии для возбуждения механических колебаний в ультразвуковых источниках излучения и незаменимы для усиления и регистрации слабых высокочастотных колебаний, получаемых в приемных устройствах.

ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ

Прогресс современной физики привел к созданию двух новых отраслей техники: ядерной техники и радиоэлектроники сверхвысоких частот. Последняя основана на изучении электронных потоков в вакууме и газах. Замечательные свойства этих потоков обусловили большое разнообразие электровакуумных приборов и широчайшее их применение. Эти свойства можно грубо сформулировать следующим образом.

1. Скорость движения электронных потоков может изменяться в огромных пределах, доходя почти до скорости света. Это обеспечивает получение быстродействующих,

безинерционных приборов, что очень важно для автоматизации всевозможных процессов. Это же свойство позволило осуществить генерирование электромагнитных колебаний с длинами волн до 1—2 *мм* или частотами до 300 *млрд.* ($3 \cdot 10^{11}$) колебаний в секунду.

2. Свойство концентрации энергии электронных потоков, обеспечивающее получение кратковременных мощностей, измеряемых десятками тысяч киловатт, или длительно действующих мощностей в сотни и тысячи киловатт.

3. Свойство дробимости энергии электронных потоков до мельчайших значений, измеряемых миллиардными долями милливатта (10^{-13}—10^{-14} *вт*).

Все эти свойства электронных приборов обеспечили решение при их помощи многих задач, которые не могли быть решены никакими механическими средствами.

Электровакуумные приборы являются основными элементами любого радиоэлектронного устройства, и именно они определяют основные технические характеристики его.

В настоящее время промышленность выпускает в больших количествах многие сотни типов электровакуумных приборов, различающихся по назначению, характеристикам и конструкции. Их можно подразделить на следующие группы:

1. Обычные приемно-усилительные лампы.
2. Лампы для генерирования высокочастотной энергии, выпрямления и преобразования электрического тока.
3. Приборы сверхвысоких частот — магнетроны, клистроны, лампы с бегущей волной, лампы с обратной волной и др.
4. Электроннолучевые трубки для телевидения, радиолокации, измерительных и других целей.
5. Фотоэлементы и другие приборы, предназначенные для преобразования лучистой энергии.

Группа приборов сверхвысоких частот наиболее характерна с точки зрения прогресса радиоэлектроники. Приборы этой группы позволяют генерировать, усиливать, преобразовывать и использовать электромагнитную энергию сантиметровых и миллиметровых волн. Наиболее важными характеристиками мощных приборов этой группы являются: длина волны, величина генерируемой мощности, к. п. д. и величина перестройки по диапазону. Для маломощных приборов важны длина волны, величина перестройки по диапазону и коэффициент шумов, который характеризует чувствительность приемного или другого устройства, использующего данный электровакуумный прибор.

Электровакуумные приборы до недавнего времени считались малонадежными приборами. Наличие стеклянного баллона, сеток, навитых из тонкой проволоки, и хрупких катодов вызывало частые аварии. Срок службы выражался в 100—500 час., а в тяжелых условиях эксплуатации (вибрация, пониженное давление, повышенная температура) он сокращался еще в несколько раз. В настоящее время благодаря усилиям ученых, инженеров и конструкторов удалось значительно повысить надежность работы ламп. Срок службы многих типов ламп доведен до 5 000 и более часов; стала возможной работа ламп в условиях высокой температуры (до 125° С и более), пониженного давления (на высотах до 15 *км*) и сильных вибраций. Однако работы по повышению надежности электровакуумных приборов далеко не завершены. В этом направлении предстоит еще многое сделать.

Заводы, выпускающие электровакуумные приборы, работают в самой тесной кооперации со множеством смежных предприятий, поставляющих строго кондиционные исходные материалы и полуфабрикаты (различные сорта стекла, чистые металлы, сплавы, керамику, фосфоры, всевозможные химикаты и др.).

Особенностями современного производства являются высокая степень механизации и автоматизации производственных процессов, соблюдение вакуумной гигиены и большой объем контрольно-измерительных операций. Механизация процессов осуществляется при помощи автоматических станков и агрегатов высокой производительности (1 000 и более операций в час). Пооперационный контроль особенно важен в связи с тем, что готовый электровакуумный прибор не может быть разобран для устранения той или иной неисправности. Поэтому число контрольных операций при изготовлении одной лампы может доходить до нескольких десятков.

Технология производства электровакуумных приборов теснейшим образом связана с научно-исследовательской работой и опирается на нее. Для того чтобы электровакуумный прибор обладал точно заданными характеристиками в течение длительного срока службы, необходимо хорошо исследовать все исходные материалы, их состав и способность к различным химическим реакциям, которые происходят в процессе работы прибора. Сюда относятся: выделение и поглощение газов накаленными металлами и стеклом, образование тонких пленок на поверхностях катодов, роль вто-

ричной электронной эмиссии, вопросы синтерирования (спекания) металлов, диффузия одного металла в другой и многие другие вопросы, которые не могут быть решены без тонких физико-химических исследований. Только на базе таких исследований может быть построена современная технология производства электровакуумных приборов. Таким образом, эта технология оказывается неразрывно связанной с физикой, химией, металлографией, рентгеноскопией и т. п.

Производство современных электровакуумных приборов требует соблюдения жесткой вакуумной гигиены. Малейшие нежелательные примеси, попадающие на электроды ламп, нарушают их характеристики. Поэтому многие современные заводы и лаборатории электровакуумной промышленности сооружаются «герметичными». Цехи и лаборатории обеспечиваются кондиционированием воздуха, предохранением от попадания пыли и прочими гигиеническими мероприятиями.

В настоящее время исследуются многочисленные пути усовершенствования существующих и создания новых электровакуумных приборов — приборов, при помощи которых будет создана техника завтрашнего дня. В этой огромной работе на помощь работникам электровакуумной промышленности должны прийти работники науки — физики, химии и других дисциплин, чтобы быстрее разрешить насущные проблемы, связанные с получением мощных электронных пучков, их фокусированием, управлением, взаимодействием их с электромагнитными полями и практическим использованием.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

На протяжении 60-летнего периода существования радиотехники не раз случались неожиданности, коренным образом менявшие установившиеся взгляды и методы работы в этой области. Так было 40 лет назад, когда появилась электронная лампа. Ее применение привело к развитию ряда новых областей радиотехники.

Лет пять назад началась новая эпоха в радиотехнике — появился соперник электровакуумных электронных приборов в виде твердых полупроводниковых усилителей и генераторов.

В 20-х годах наш соотечественник Олег Лосев, работавший в Нижегородской радиолаборатории, изобрел и с успехом применял радиоприемные схемы с кристаллическим

усилителем и гетеродином. Его работы привлекли внимание ученых, инженеров и радиолюбителей во всех странах мира. О. В. Лосев скончался на 41-м году жизни во время блокады Ленинграда.

В 30-х годах вновь, главным образом в Германии, был проявлен интерес к полупроводникам, в частности к кремнию и германию. Но и эти работы были быстро забыты. Можно предполагать, что неудачи, постигшие немецких физиков, объясняются тем, что исходные материалы — германий и кремний, — с которыми они экспериментировали, были по современным представлениям сильно загрязнены.

В связи с необходимостью обеспечить прием и детектирование сантиметровых радиоволн для целей радиолокации в начале второй мировой войны были созданы и нашли широкое применение кремниевые детекторы. На этой основе уже после войны, были разработаны полупроводниковые усилители и генераторы, созданные на более совершенной технологической базе, чем это было возможно во времена Лосева.

Эти маленькие приборы совершают теперь очередной переворот в радиотехнике. Уже существуют радиоприемники и телевизоры, не имеющие электронных ламп (кроме трубок): их заменили миниатюрные твердые полупроводниковые усилители, обладающие большими преимуществами перед лампами — долговечностью, ничтожным потреблением энергии, механической прочностью и малыми размерами. Малое потребление энергии и долговечность полупроводниковых усилителей в значительной степени объясняются отсутствием накаливаемого катода.

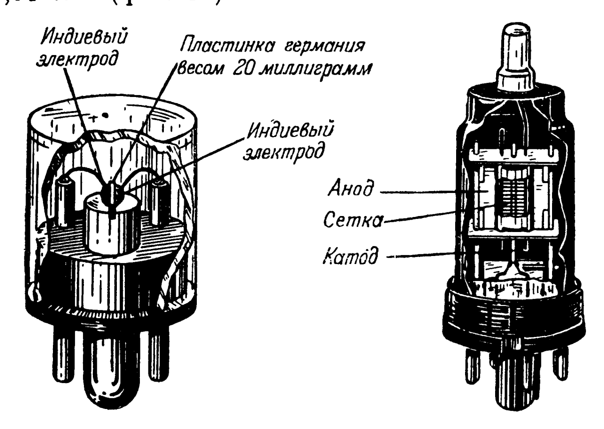
Замена 1 250 электронных ламп в одной экспериментальной вычислительной машине полупроводниковыми триодами позволила уменьшить вдвое ее размеры и на 95% сократить потребление электроэнергии (310 *вт* вместо 6,2 *квт*), исключить электрические вентиляторы, применявшиеся ранее для охлаждения машины во время работы.

Рассеиваемые в полупроводниковых приборах мощности часто составляют единицы, а для некоторых типов даже доли милливатта, что резко снижает количество тепла, выделяемого в усилительных устройствах (по сравнению с такими же устройствами на электронных лампах). Это позволяет значительно уменьшить размеры сопротивлений, конденсаторов, трансформаторов и других деталей и тем самым существенно изменить методы конструирования радиоэлектронных устройств и технологию их изготовления.

Уменьшение весов и габаритов, которое при этом достигается, значительно расширяет возможности применения радиоэлектронной техники, способствует ее внедрению в новые области.

На фиг. 10 сопоставлены размеры и конструкция точечно-контактного кристаллического триода и обычной электронной лампы.

Современные миниатюрные образцы полупроводниковых триодов имеют еще меньшие размеры, объем их не превышает 0,01 *см*³ (фиг. 11).

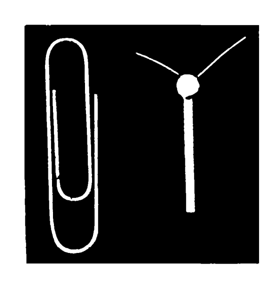


Фиг. 10. Полупроводниковый триод слева (линейные размеры увеличены в 4 раза) и обычная электронная усилительная лампа.

Полупроводниковые усилители предназначены для усиления сравнительно слабых токов и не обеспечивают получения больших мощностей. Однако уже сейчас имеются все возможности для создания полупроводниковых усилителей с полезной выходной мощностью в несколько ватт. Находясь еще в стадии детских болезней, такие усилители на наших глазах вытесняют электронные лампы, на первых порах из низкочастотных и маломощных цепей, но постепенно они уже подбираются и к высоким радиочастотам. Они находят широкое применение в аппаратах для тугоухих, в сложных схемах телефонных станций, математических машинах и многих устройствах автоматики.

Некоторое время казалось, что неоднородность параметров и ограничение рабочих температур являются непреодолимыми недостатками полупроводниковых приборов. Но разработка более совершенной технологии, переход на моно-

кристаллы и применение специальных приемов производства устранили эти опасения. Теперь не может быть сомнений в том, что благодаря появлению промышленных типов полупроводниковых приборов радиотехнические методы прочно внедряются и во многие такие отрасли техники, где они не могли до сих пор применяться вследствие недолговечности и ненадежности электронных ламп.



Фиг. 11. Миниатюрный полупроводниковый триод.

Естественно, что появление полупроводниковых электронных приборов, способных надежно работать десятки тысяч часов, привлекло к себе всеобщее внимание. Этим приборам предстоит большое будущее.

Параметры полупроводниковых усилителей и особенности их работы не позволяют просто заменить ими электронные лампы, а требуют разработки новых схем. В этой области еще очень мало сделано.

Следует отметить, что появление полупроводниковых усилителей стало возможным в результате современного развития физики твердого тела и квантовой механики, приведшего к установлению новых, ранее неизвестных особенностей физических процессов в полупроводниках. Поэтому весьма важное значение имеет продолжение работ наших физиков в этой области.

ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОАППАРАТУРЫ И РАДИОДЕТАЛЕЙ

При конструировании и производстве современной радиоаппаратуры, в особенности широкого применения, значительное внимание уделяется созданию технологии, обеспечивающей высокое качество, длительную надежную работу в различных эксплуатационных условиях, а также экономичное и быстрое ее изготовление. В связи с этим существенное значение приобретает применение в широких масштабах механизации и автоматизации основных операций производства и контроля качества радиоаппаратуры. Значительный эффект в этом отношении дают такие новые методы производства радиоаппаратуры, как автоматизированное или механизированное производство узлов с последующей сборкой их в блоки, техника печатных схем и др.

Основное влияние на качество и методы производства радиоаппаратуры оказывают использованные в ней радиодетали, поскольку любая радиоаппаратура по существу представляет собой совокупность ламп и радиодеталей (сопротивлений, конденсаторов, трансформаторов, переключателей и т. п.). В современном сложном радиотехническом устройстве иногда используется до нескольких десятков тысяч различных радиодеталей. Отсюда следует, что нормальная работа современной радиоаппаратуры вообще немыслима без радиодеталей, обладающих не только хорошими исходными показателями, но и весьма высокой эксплуатационной надежностью работы и стабильностью характеристик.

Во многих случаях к современным радиодеталям предъявляются требования минимальных размеров и длительной эксплуатации при высоких значениях температуры окружающей среды. Широкое применение полупроводниковых приборов и техники печатных схем в современной радиоаппаратуре потребовало создания комплекса сверхминиатюрных деталей.

Наиболее распространенные виды радиодеталей изготовляются в массовом производстве сотнями миллионов штук в год, в связи с чем весьма существенное значение приобретают широкая автоматизация и механизация процессов их изготовления.

Получение радиодеталей, удовлетворяющих всему комплексу современных требований, невозможно без наличия высококачественных органических, неорганических и магнитных материалов. За последние годы советскими учеными и специалистами было создано много видов синтетических пластмасс, компаундов и лаков, сочетающих высокие электрические показатели с большой влагостойкостью и теплостойкостью.

Большим достижением в этом отношении является синтез теплостойкого диэлектрика для конденсаторов — полиэтилентерэфталата (лавсана) в Институте высокомолекулярных соединений АН СССР. Значительные успехи имеются у нас в области радиокерамики и таких материалов, как сегнетоэлектрики. На достаточно современном уровне находятся работы в области магнитных материалов, магнитодиэлектриков и ферритов.

Промышленность радиодеталей и радиоматериалов ощущает острый недостаток в научных силах, в связи с чем

необходимо более широкое привлечение научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений к решению современных и перспективных проблем, связанных с дальнейшим развитием радиотехники.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА И ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Автоматика и телемеханика разрабатывают методы и средства управления техническими процессами без участия человека.

Современная автоматика и телемеханика в значительной мере базируются на достижениях радиоэлектроники.

В частности, можно отметить:

1) широкое применение фотоэлементов и термоэлементов инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов, радиоспектроскопии, ультразвука и других физических явлений и приборов;

2) переход от электронных схем, содержащих лампы, к схемам, построенным на полупроводниковых приборах, магнитных, феррорезонансных, ферроэлектрических усилителях, позволяющих во много раз уменьшить габариты и потребляемую мощность и повысить надежность работы;

3) широкое применение электронно-ионных устройств (в частности, тиратронов) для управления автоматизированными приводами.

Успешное решение практических задач автоматики и телемеханики может быть осуществлено только в результате создания максимально надежной и предельно простой в эксплуатации аппаратуры. Это может быть достигнуто главным образом при внедрении передовой технологии производства радиотехнических приборов, деталей и материалов. Именно поэтому общетехнический уровень развития средств автоматики и телемеханики будет определяться уровнем развития радиотехнической промышленности и наоборот.

Послевоенный период характеризуется быстрым развертыванием автоматизации производства и переходом к полной автоматизации законченных технологических циклов вместо «частичной» автоматизации, сводившейся к простому присоединению автоматической аппаратуры к имевшемуся оборудованию и охватывавшей единичные не связанные между собой агрегаты. Начинается коренное изменение характера

производства; создаются автоматизированные линии и полностью автоматизированные заводы.

Увеличиваются скорости и точности регулирования, регистрации и обработки показаний измерительных и регистрирующих приборов, в частности благодаря применению вычислительных устройств.

Развиваются системы автоматического контроля, дающие избирательную информацию (т. е. информацию только с тех участков производства, где имеются отклонения режима).

Широкому внедрению автоматики и телемеханики во все отрасли народного хозяйства и особенно в промышленность, энергетику, транспорт и связь должно предшествовать решение важнейших научно-технических проблем, большинство которых в той или иной степени также связано с общим развитием радиоэлектроники.

К числу научных задач, решение которых должно обеспечить развитие автоматики и телемеханики, относятся:

а) создание общей теории телемеханических устройств на базе развития теории информации и теории обратной связи;

б) создание теории релейных схем и общей теории преобразований;

в) разработка общей теории надежности и помехоустойчивости телемеханизированных и автоматизированных систем;

г) создание рациональных методов использования каналов связи для телемеханизированных систем.

Комплексная автоматизация требует беспрерывного учета влияния на производственные процессы различных случайно меняющихся параметров, находящихся в сложной функциональной зависимости друг от друга, а также получения и немедленного учета данных о различных сложных процессах, что при быстром их протекании требует применения малых быстродействующих автоматических электронных вычислительных устройств.

Автоматизация производства увеличивает производительность труда, повышает качество продукции, улучшает условия труда во вредных производствах, уменьшает количество обслуживающего персонала на предприятии. Она стирает разницу между трудом умственным и физическим.

На быстрейшее решение этих задач должны быть направлены усилия советских ученых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Я кратко коснулся только некоторых областей радиоэлектроники, стремясь на примерах достижений радиоэлектроники в этих областях подчеркнуть прогрессивное влияние, оказываемое этой наукой на развитие смежных отраслей знаний.

На базе самой передовой теории, с привлечением мощного математического аппарата и методов теоретической физики, в частности классической и квантовой электродинамики, статистической физики и механики, развивается теоретическая радиоэлектроника, своим глубоким анализом и широкими обобщениями подводящая солидный фундамент под экспериментальную, инженерно-конструкторскую и производственно-технологическую деятельность.

Эта серьезная работа уже дала свои результаты, а в дальнейшем приведет к новым успехам в отношении улучшения всех видов связи, радиовещания, радионавигации, радиолокации, автоматики и телемеханики и др.

Радиолокация попрежнему остается основным средством определения местоположения различных объектов, движущихся с разными скоростями в воздухе, на суше и по воде. Это — мощнейшее средство противовоздушной обороны и военной техники, без дальнейшего широкого развития которого выполнение многих операций вообще невозможно.

Но основная заслуга радиолокации не в этом, а в том, что она создала техническое оснащение, методы и приемы, оказавшиеся особенно плодотворными в других областях науки и техники.

Мы живем в чрезвычайно интересное время, когда каждый день наука обогащается новыми достижениями. Эти достижения могут быть направлены либо на поднятие благосостояния и культурного уровня и повышение счастья всего человечества, либо на разрушение достижений человеческого гения, добытых трудом лучших людей всех стран на протяжении столетий.

В нашей великой стране все усилия нашей партии, правительства и народа направлены по первому пути. В этой созидательной работе мы все активно участвуем.

Никто не сомневается в том, что стоит улавливать вредные примеси из фабричных труб, отравляющие города и села; стоит применять электронные математические машины для ускорения и облегчения умственного труда человека путем освобождения его от тяжелой вычислительной

работы и для скорейшего развития промышленности и экономики нашей страны; стоит обеспечивать безопасность сообщений в воздухе и на море применением методов радионавигации; стоит улучшать методы прогноза погоды для повышения урожайности и надежности полета самолетов и плавания кораблей.

Непозволительно пренебрегать огромными возможностями, которые открывает перед нами электронная автоматика в отношении использования многих скрытых резервов в нашей промышленности, лучшей организации труда и высвобождения человечества от выполнения опасных и вредных операций.

Но мы не забываем, что существует в мире и другое направление использования огромных возможностей науки. Оно нам, советским людям и всему прогрессивному человечеству, не нравится. Мы вынуждены часть наших сил и средств затрачивать на мероприятия по предотвращению возможных неожиданностей и неприятностей, которые охотно и незамедлительно обрушили бы на нас некоторые недальновидные западные политики, если бы они нас не боялись и не знали бы достоверно, что это им даром не пройдет.

В деле обороны нашей великой Родины целесообразно самым широким образом использовать огромные возможности, открываемые радиоэлектроникой. Об этом мы заботимся повседневно.

Советские научные работники и инженеры могут гордиться достижениями наших радиофизиков и радиоинженеров, позволившими начать широкое применение новых методов во всех отраслях знаний; наши ученые, конструкторы, инженеры, техники и рабочие, занятые во всех отраслях электроники, не пожалеют ни времени, ни сил для наилучшего и быстрейшего использования огромных возможностей, открываемых радиоэлектроникой, с целью достижения великих целей, которые ставят перед нами наша партия и наше правительство, выражающие надежды и чаяния нашего великого народа.

Цена 1 р. 10 к.